

Agentes de ruteo multicast

Guillermo Rigotti

UNICEN – Fac. de Ciencias Exactas - ISISTAN

Pje. Arroyo Seco, (7000) Tandil, Bs. As. Argentina

TE: +54-2293-440363 FAX: +54-2293-440362 - Email: grigotti@exa.unicen.edu.ar

Resumen

Los protocolos de ruteo multicast tienen como objetivo la construcción y mantenimiento de los árboles de distribución. A través de ellos los paquetes de datos son difundidos desde el emisor a los integrantes del grupo. Estos protocolos tienen sus características propias, no siempre adecuadas a los diferentes tipos de aplicaciones multicast. Por ejemplo, los árboles compartidos no se adaptan a los requerimientos de demoras mínimas de ciertas aplicaciones, mientras que un soporte de múltiples árboles por emisor resulta en la generación de un overhead considerable en aplicaciones con gran cantidad de receptores enviando feedback. Adicionalmente, la mayoría de los protocolos multicast se basan en la técnica reverse path para la construcción de los árboles de distribución, lo que impide ofrecer calidad de servicio a las aplicaciones en presencia de redes asimétricas.

En este trabajo se presenta una alternativa que consiste en la aplicación de agentes móviles a ruteo multicast. Las principales ventajas de esta solución radican en la posibilidad de adaptar el ruteo multicast a las necesidades de cada aplicación, de manera totalmente transparente a los routers, los que sólo deben soportar una interfaz y un medioambiente de operación para los agentes. Además, en la etapa de construcción del árbol de distribución, permiten considerar, a diferencia de reverse path, costos raíz-hojas, lo que resulta indispensable para ofrecer una calidad de servicio adecuada a la cantidad cada vez mayor de aplicaciones que la requieren.

Palabras clave: Mobile agents, Multicast Routing.

1. Introducción

Desde la introducción del concepto de transmisión multicast en IP (Deering, 1989), tanto el soporte a nivel de red como las aplicaciones multicast han sido objeto de activa investigación. Un aspecto de interés, y posiblemente clave para la difusión de tecnologías multicast en la Internet, lo constituye el hecho de poder adaptarse a los requerimientos de las distintas aplicaciones y ofrecer calidad de servicio a aquellas que así lo demanden. El punto donde la calidad de servicio debe ser tenida en cuenta para lograr este objetivo de manera eficiente, son los protocolos de ruteo multicast.

La solución propuesta en este trabajo consiste en una mejora introducida a estos métodos, basada en la utilización de agentes móviles encargados del establecimiento y mantenimiento de los árboles de distribución.

La utilización de agentes móviles, creados por los routers hoja y por el nodo raíz, permite la construcción y mantenimiento de los árboles de distribución en base al agregado de mínimo estado adicional los routers. Estos, por su parte, ofrecen a los agentes móviles una interfaz simple que les permite obtener y eventualmente modificar dicho estado.

Adicionalmente, la utilización de agentes móviles presenta una gran flexibilidad, ya que su comportamiento y/o desplazamiento en la red dependerá tanto del estado de la misma como de los objetivos que fijen los routers hoja en función de los requerimientos de cada aplicación (por ejemplo obtener cierto valor mínimo para una determinada métrica; mantener acotada la demora máxima desde el emisor a todos los receptores; no producir el join si no se obtiene una mínima calidad de servicio, etc). Otra ventaja proveniente del uso de agentes móviles es la de poder implementar diferentes heurísticas de construcción y mantenimiento del árbol sin modificar el código de los routers.

En resumen, en este trabajo se presenta un protocolo de ruteo multicast basado en agentes móviles que tiene en cuenta la calidad de servicio tanto en la etapa de construcción del árbol de distribución como en la de mantenimiento, posibilitando la reacción ante cambios en los costos ya sea para mantener o mejorar los caminos desde el emisor a los receptores.

2. Generalidades de la operación del protocolo propuesto

Los mecanismos propuestos se basan en tres tipos de agentes que llevan a cabo diferentes funciones. Los agentes “mcast”, que residen en cada router hoja, los agentes “search/join”, que se

originan en los routers hoja y recorren la red para llevar a cabo la construcción y mantenimiento del árbol de distribución, y los agentes “heartbeat”, emitidos por el router raíz para sincronización entre los routers on-tree, propagación de información de costos, y funciones de poda de nodos del árbol de distribución.

El proceso de joining a un grupo, que se inicia en un router a solicitud de un host local via IGMP (Cain, 2000), activa al agente mcast, quien genera un agente search/join cuyo objeto es lograr que el router se agregue al árbol de distribución.

El objetivo del agente en esta etapa (modo search) es ubicar un nodo perteneciente al árbol de distribución, desde el cual pueda iniciar el proceso de joining. Esta búsqueda se realiza nodo a nodo, desplazándose en dirección a la raíz del árbol. Si el ruteo unicast soporta varias métricas, la utilizada en esta fase podrá diferir de la utilizada en el modo join, que es la que se desea optimizar. Durante esta etapa, el agente no crea estado en los routers.

El agente entra en modo join luego de haber localizado un nodo ya perteneciente al árbol de distribución. A diferencia de su desplazamiento en la etapa de búsqueda, el agente se dirigirá ahora en dirección a su nodo de origen, creando estado referido al árbol de distribución según el estado de cada router. Si es uno aún no perteneciente al árbol, configurará su interfaz upstream, correspondiente al nodo inmediato anterior del cual provino, y su interfaz downstream, correspondiente al siguiente nodo en dirección a su origen. Además va incrementando el costo desde la raíz al nodo actual, basado en los costos relativos a la métrica de joining mantenidos por el protocolo de ruteo unicast en cada nodo, por la acción de los agentes heartbeat.

En el caso de arribar a un nodo ya perteneciente al árbol de distribución, el agente creará estado sólo si el próximo nodo hacia el origen no corresponde a una interfaz involucrada en dicho árbol. Este estado consistirá en el agregado de la interfaz como downstream para el par (source, group). El costo, en caso de que el nodo siguiente no pertenezca al árbol de distribución, será configurado con el costo desde la raíz hasta el nodo más el costo desde el nodo al siguiente.

Cuando se da el caso de uno o más nodos no pertenecientes al árbol de distribución en los cuales se ha creado estado de pertenencia, y luego se arriba a un nodo perteneciente al árbol, el agente recomienza el proceso de joining desde este nuevo nodo, para evitar posibles loops y debido a que el costo desde el nuevo nodo será menor al costo desde el nodo anterior. Es necesario entonces destruir el estado creado en los nodos intermedios que no pertenecían al árbol. Este proceso está a cargo de los agentes heartbeat en modo prune que colaboran con los agentes search/join para este fin.

Los agentes heartbeat son generados a intervalos regulares por el nodo raíz del árbol de distribución. Estos agentes recorren el árbol de distribución de la misma manera que los paquetes de datos multicast, clonándose en cada rama, visitando la totalidad de los routers pertenecientes a dicho árbol. Finalmente, se destruyen al llegar a los nodos hoja. Tienen a cargo la actualización de información de ruteo y la poda del árbol de distribución. Cada agente transporta cierta información que le permite cumplir con sus objetivos.

El número de secuencia único asignado en el router raíz a cada agente generado (y conservado en las copias que va generando el agente durante su recorrido por árbol multicast), posibilita la sincronización entre los routers. Esta sincronización es necesaria para efectuar los procedimientos de joining o de mejora de costos en caso de cambios en la topología causados por alteraciones en los costos, caída de links o descubrimiento de mejores caminos.

Además de este número de secuencia, cada agente recolecta y almacena información relativa a costos desde la raíz hasta cada nodo al que arriba, para las métricas definidas por la aplicación y soportadas por el protocolo de ruteo unicast en uso. La comparación de este costo con los costos corrientes almacenados en los nodos, permite a los agentes tomar decisiones en las etapas de joining y/o de mejora del árbol de distribución.

En casos especiales un agente heartbeat puede transportar identificaciones de nodos en los cuales se está llevando a cabo un proceso de selección de dos posibles upstreams con el objeto de mejorar costos. Estas identificaciones se utilizan para la detección de posibles lazos en el árbol de distribución. Este proceso hace posible la constante actualización del árbol de distribución sin carga significativa de proceso ni de transmisión.

La poda del árbol de distribución es un proceso que se realiza en dirección hojas raíz, estando a cargo de los agentes heartbeat (modo prune). El caso normal de poda ocurrirá cuando un router hoja detecte que no existen hosts locales interesados en un grupo, y por lo tanto elimine la interfaz upstream de los árboles correspondientes. En este caso, el agente multicast residente en el router hoja generará un agente heartbeat en modo prune, sin esperar la llegada del próximo heartbeat, a efectos de acelerar el proceso de poda del árbol, para disminuir el overhead en la red. Este agente llevará la identificación del último agente heartbeat recibido por el nodo. En el caso en que las condiciones para iniciar el proceso de poda se produzcan en un router intermedio, el proceso se iniciará con la llegada del próximo agente heartbeat, que conmutará a modo prune y se dirigirá hacia la raíz, eliminando estado en los routers que corresponda.

En casos especiales, por ejemplo caída del vínculo upstream, un router puede comenzar un proceso de eliminación de estado en el subárbol del cual es raíz, a través del envío de un mensaje flush. Los agentes mcast en los routers hoja reiniciarán el proceso de joining al ser notificados.

3 Conclusiones, estado y continuación del trabajo

El protocolo descripto presenta dos características relevantes. El aspecto de mayor importancia lo constituye la incorporación de agentes móviles al ruteo multicast. Si bien este tipo de agentes se ha aplicado a ruteo unicast (Dorigo, 1997) (Dorigo, 1998), no se tiene referencias hasta el momento de intentos similares en ruteo multicast.

El uso de agentes móviles para llevar a cabo las funciones de creación y mantenimiento de los árboles de distribución presenta varias ventajas que están siendo consideradas en la actualidad. Por un lado, es posible la implementación de diferentes heurísticas para la construcción y mantenimiento del árbol, inclusive teniendo en cuenta el tipo de aplicación. Este tipo de cambios en el protocolo de ruteo no afecta de manera alguna a los routers, cuya interfaz no se ve modificada como consecuencia del cambio de funcionalidad de los agentes.

Por otra parte, es posible que los agentes tomen decisiones en función de la información que recolectan en los routers y de los objetivos fijados por la aplicación, en forma descentralizada, acelerando la convergencia y produciendo menor carga en la red.

Otra característica incorporada al protocolo definido es la construcción del árbol de distribución teniendo en cuenta la posible asimetría de los vínculos. Esta característica hace posible la incorporación de mecanismos adicionales que efectivamente permitan garantizar la calidad de servicio a las aplicaciones reservando recursos en la red.

En la actualidad se está trabajando en la evaluación y posible mejora de los procedimientos de mantenimiento del árbol de distribución presentados. Estos procedimientos tienen como objetivo la reacción del mecanismo de ruteo ante posibles cambios en los costos (en el caso de métricas dinámicas), posibles caídas o incorporaciones de vínculos y detección de caminos no óptimos establecidos en la etapa de creación del árbol. Otros aspectos que serán analizados en el futuro, son la posibilidad de ofrecer al nodo hoja diferentes alternativas de joining, a través de la cooperación con múltiples agentes e interacción con protocolos de reserva de recursos como RSVP (Braden, 1977), para asegurar la calidad de servicio ofrecida. La evaluación del protocolo está siendo realizada a través de simulación, con Ns-2 (Network Simulator versión 2) (Fall, 2000).

4 Referencias

- (Deering, 1989) Deering, S., "Host Extensions for IP Multicasting", RFC-1122, August 1989.
- (Braden, 1997) R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Functional Specification", RFC 2205, September 1997.
- (Cain, 2000) B. Cain, S. Deering, I. Kouvelas, A. Thyagarajan, "Internet Group Management Protocol, Version 3", Internet Draft, <draft-ietf-idmr-igmp-v3-04.txt>, June 2000.
- (Fall, 2000) K. Fall (ed), "Ns Notes and Documentation" VINT Project, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, Xerox PARC, March 2000.
- (Dorigo, 1997) M. Dorigo, G. Di Caro, "AntNet: A Mobile Agents Approach to Adaptive Routing", Technical Report, IRIDIA - Free Brussels University, Belgium.
- (Dorigo, 1998) M. Dorigo, G. Di Caro, "AntNet: Distributed Stigmergetic Control for Communication Networks", Journal of Artificial Intelligence Research, Number 9, 1998, pp 317-365.